



*Ministero delle Attività Produttive*  
*Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività*  
*Ufficio Italiano Brevetti e Marchi*  
*Ufficio G2*

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:

N. TO2002 A 000809

Invenzione Industriale



*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali  
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati  
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

1 NOV. 2003

IL DIRIGENTE

*Paola Giuliano*

Dr.ssa Paola Giuliano

## AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

MODULO A

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

marca  
da  
bollo

## A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione STMICROELECTRONICS S.R.L. N.A. S.R.  
 Residenza AGRATE BRIANZA (MI) codice 00951900968  
 2) Denominazione \_\_\_\_\_  
 Residenza \_\_\_\_\_ codice \_\_\_\_\_

## B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome e nome CERBARO Elena e altri cod. fiscale \_\_\_\_\_  
 denominazione studio di appartenenza STUDIO TORTA S.r.l.  
 via Viotti n. 10009 città TORINO cap 10121 (prov) TO

## C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via \_\_\_\_\_ n. \_\_\_\_\_ città \_\_\_\_\_ cap \_\_\_\_\_ (prov) \_\_\_\_\_

## D. TITOLO

classe proposta (sez/cl/sci) \_\_\_\_\_

gruppo/sottogruppo \_\_\_\_\_

MICROPOMPA, IN PARTICOLARE PER UN DISPOSITIVO INTEGRATO DI ANALISI DEL DNAANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO: SÌ ☐ NO ☐

SE ISTANZA: DATA \_\_\_\_\_ N° PROTOCOLLO \_\_\_\_\_

## E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1) ISCURATI Mario 3) \_\_\_\_\_  
 2) \_\_\_\_\_ 4) \_\_\_\_\_

## F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato  
S/R

SCIOGLIMENTO RISERVE

Data

N° Protocollo

1) \_\_\_\_\_  
 2) \_\_\_\_\_

## G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA COLTURE DI MICRORGANISMI, denominazione

## H. ANNOTAZIONI SPECIALI

Per la migliore comprensione dell'invenzione è stato necessario depositare disegni con diciture come  
 convenuto dalla Convenzione Europea sulle formalità alle quali l'Italia ha aderito.

## DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1) ☒ PROV n. pag. 124 riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare) ....  
 Doc. 2) ☒ PROV n. lav. 109 disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare) ....  
 Doc. 3) ☒ RIS lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale .....  
 Doc. 4) ☒ RIS designazione inventore .....  
 Doc. 5) ☒ RIS documenti di priorità con traduzione in italiano .....  
 Doc. 6) ☒ RIS autorizzazione o atto di cessione .....  
 Doc. 7) ☐ nominativo completo del richiedente

8) attestati di versamento, totale Euro Duecentonovantuno/80

obbligatorio

COMPILATO IL 17/09/2002 FIRMA DEL (I) RICHIEDENTE (I)CONTINUA S/NO NOCERBARO ElenaDEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA S/NO SÌCAMERA DI COMMERCIO IND. ART. AGR. DI TORINOcodice 101

VERBALE DI DEPOSITO NUMERO DI DOMANDA

L'anno duemiladue

il (I) richiedente (I) sopraindicato (I) ha (hanno) presentato a me sottoscritto la presente

forse aggiuntivi per la concessione del brevetto sopraindicato.

I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIO ROGANTE

IL DEPOSITANTE

STUDIO TORTA S.r.l.

dell'ufficio

Daniela BESSOLO  
CAPIROGANTEDaniela Bessolo

## RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE

NUMERO DOMANDA

10 2002 A 000809 REG. A

NUMERO BREVETTO

DATA DI DEPOSITO 1.7 / 0.9 / 20.0.2

DATA DI RILASCIO

## A. RICHIEDENTE (I)

Denominazione

STMICROELECTRONICS S.R.L.

Residenza

AGRATE BRIANZA (MI)

## D. TITOLO

MICROPOMPA, IN PARTICOLARE PER UN DISPOSITIVO INTEGRATO DI ANALISI DEL DNA

Classe proposta (sez./cl./scl/)

(gruppo/sottogruppo)

## L. RIASSUNTO

Una micropompa include un corpo (10) di materiale semiconduttore, in cui sono realizzate camere a tenuta (32), aventi al proprio interno una pressione prefissata, inferiore alla pressione atmosferica.. Le camere a tenuta (32), che sono sigillate mediante un diaframma (35) apribile elettricamente, sono selettivamente apribili utilizzando un primo elettrodo (37) e secondi elettrodi (38), fra i quali porzioni del diaframma (35) sono interposte.

## M. DISEGNO

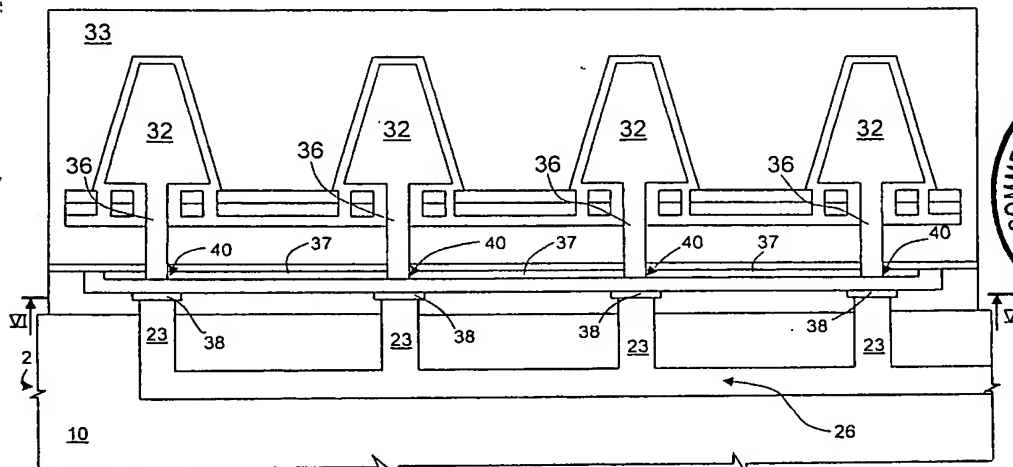
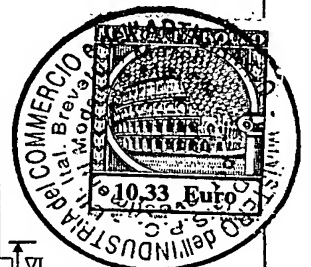


Fig.5

C.C.I.A.A.  
Torino

D E S C R I Z I O N E

del brevetto per invenzione industriale

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana,

con sede a 20041 AGRATE BRIANZA (MILANO) - VIA C. OLIVETTI, 2

Inventore: SCURATI Mario

**10 2002 A 000809**

**17 SET. 2002**

\*\*\* \*\*

La presente invenzione si riferisce ad una micro-pompa. In particolare, l'invenzione è vantaggiosamente utilizzabile per un dispositivo integrato di analisi del DNA.

Come è noto, le procedure che vengono attualmente utilizzate per la lettura di segmenti di DNA prevedono l'esecuzione di diverse operazioni a partire da campioni di materiale biologico grezzo, ad esempio sangue.

In particolare, il campione deve essere inizialmente purificato, mediante filtrazione meccanica o per via elettrostatica, in modo da eliminare tutte le cellule non nucleate, che non sono utili al fine dell'analisi del DNA. Quindi, i nuclei delle cellule rimaste nel campione purificato vengono rotti mediante un processo chimico o termico, per poter prelevare segmenti di DNA da analizzare (lisi dei nuclei). Successivamente, i filamenti che compongono le molecole di DNA vengono separati gli uni dagli altri attraverso una ci-

CLASSE B01D 23/00  
Iscrizione Albo nr 426/BW

clatura termica oppure mediante processi biochimici. Mediante un procedimento PCR ("Polimerase Chain Reaction") i campioni vengono poi amplificati, ossia i segmenti di DNA presenti vengono moltiplicati e nuovamente separati in singoli filamenti, che vengono infine analizzati. In questa fase, il campione contenente i filamenti amplificati e separati viene fatto fluire su un dispositivo di rilevamento comprendente una pluralità di detettori, formati da singoli filamenti preselezionati, del tipo che si vuole rilevare, e ancorati su elettrodi. Se nel campione sono presenti filamenti di DNA complementari rispetto a quelli dei detettori, fra gli uni e gli altri si formano legami stabili (ibridizzazione). I detettori ibridizzati possono essere letti mediante osservazione al microscopio oppure elettronicamente.

Per giungere alla lettura del DNA, occorre naturalmente trasferire il campione di materiale biologico tra vari dispositivi o stazioni di trattamento, ciascuno dei quali esegue una specifica fase del processo sopra descritto. In particolare, una volta predisposto un collegamento fluidico, prefissati volumi del campione e/o di specie reagenti devono essere fatti avanzare fra due successive stazioni di trattamento.

A questo scopo, è noto utilizzare diversi tipi di

CERBARE Elena  
Iscrizione Albo nr 426/BMI

micropompe, che però hanno vari inconvenienti. Ad esempio, nelle micropompe più comunemente impiegate, una membrana viene pilotata elettricamente in modo da aspirare in una camera e successivamente espellere un liquido; valvole di ingresso e di uscita assicurano che il flusso sia unidirezionale. Le micropompe a membrana, però, soffrono di scarsa ermeticità; tra l'altro, le valvole microfluidiche rendono più grave questo difetto, che sono a loro volta causa di perdite e, inoltre, si possono facilmente ostruire. Di conseguenza, occorre elaborare una quantità di fluido campione cospicua, in quanto una parte non trascurabile viene dispersa. In pratica, è necessario disporre di diversi millilitri di fluido campione per poter ottenere un'analisi significativa. L'impiego di elevate quantità di fluido campione è svantaggioso sia per il costo, sia perché i tempi di lavorazione, in particolare la durata delle ciclate termiche, sono più lunghi. Comunque, l'imperfetta tenuta è evidentemente svantaggiosa nella grande maggioranza delle applicazioni e non solo nel caso dell'impiego nel campo delle apparecchiature per analisi del DNA.

Altri tipi di pompe, come ad esempio le pompe a pistone servoassistite o ad azionamento manuale, hanno migliori qualità di tenuta, ma non sono attualmente in-

CERVARO Elenco  
Isolazioni: Albo nr 426/2AM

tegrabili su scala micrometrica.

Ulteriori difetti comuni nelle micropompe note sono il contatto diretto con il campione da analizzare, che può dar luogo a reazioni chimiche non previste, e l'elevato consumo energetico.

Scopo della presente invenzione è realizzare una micropompa, che sia priva degli inconvenienti descritti.

Secondo la presente invenzione viene realizzata una micropompa, come definita nella rivendicazione 1.

Per una migliore comprensione dell'invenzione, ne vengono ora descritte alcune forme di realizzazione, a puro titolo di esempio non limitativo e con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

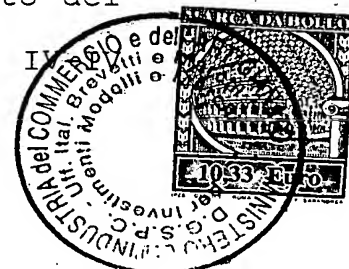
- la figura 1 è una vista prospettica di tre quarti dall'alto di un dispositivo integrato incorporante una micropompa realizzata secondo la presente invenzione;

- la figura 2 è una vista in pianta dall'alto del dispositivo di figura 1;

- la figura 3 è una sezione trasversale attraverso il dispositivo di figura 1, presa secondo la linea III-III di figura 2;

- la figura 4 è una vista in pianta dall'alto del dispositivo di figura 1, sezionato lungo la linea IV-IV di figura 2.

CERBASO E SMO  
Iscrittori e Albo nr 426/BAM



di figura 3;

- la figura 5 è una vista in scala ingrandita della micropompa delle figure 1-3;

- la figura 6 è una vista dal basso della micropompa di figura 5, sezionata lungo la linea VI-VI di figura 5;

- la figura 7 è uno schema circuitale semplificato relativo alla micropompa di figura 1;

- la figura 8 è una vista parziale dal basso di una micropompa in una seconda forma di realizzazione della presente invenzione, dove per chiarezza sono state asportate alcune parti;

- la figura 9 è uno schema circuitale semplificato relativo alla micropompa di figura 8;

- la figura 10 è una sezione trasversale attraverso una micropompa in una terza forma di realizzazione della presente invenzione;

- la figura 11 è una vista dal basso della micropompa di figura 10;

- la figura 12 è è uno schema circuitale semplificato relativo alla micropompa di figura 11; e

- le figure 13-20 sono sezioni trasversali attraverso una fetta semiconduttrice, in successive fasi di un processo per la fabbricazione della micropompa secondo la presente invenzione.

CERDARO Elena  
Iscrizione Albo nr 426/BW



L'invenzione può essere vantaggiosamente utilizzata in numerosi campi, quando occorre movimentare un fluido attraverso connessioni microfluidiche; nel seguito si continuerà a far riferimento al campo dei dispositivi per l'analisi del DNA, senza tuttavia che ciò possa essere considerato limitativo.

Come mostrato in figura 1, un dispositivo integrato di analisi del DNA (Lab-On-Chip), indicato nel suo complesso con il numero di riferimento 1, comprende un microreattore 2 e una micropompa 3. Il microreattore 2 è portato su una scheda PCB 5, dotata di un'interfaccia 6 per la connessione a un dispositivo di pilotaggio e lettura, di tipo e qui non illustrato; in particolare, sull'interfaccia 6 sono realizzati piedini 7 di ingresso/uscita del microreattore 2 e della micropompa 3.

Il microreattore 2 ha un serbatoio campione 8 e una pluralità di serbatoi reagenti 9 (due nell'esempio illustrato), aperti su una faccia 2a opposta alla base PCB 5 e accessibili dall'esterno. La micropompa 3 è saldata ermeticamente sul microreattore 2 (si veda anche la figura 2).

Con riferimento alle figure 3 e 4, il microreattore 2 comprende un primo corpo 10 di materiale semiconduttore, ad esempio silicio monocristallino, sopra al quale sono realizzate una prima e una seconda base 11,

CERBARO Elenco  
Iscrizione Albo nr 426/BM

12 di ossido di silicio e una struttura di contenimento 13 in materiale polimerico, ad esempio SU-8. A sua volta, la struttura di contenimento 13 è ricoperta da una lastra protettiva 14 aperta in corrispondenza del serbatoio campione 8 e dei serbatoi reagenti 9. La lastra protettiva 14 è realizzata con un materiale trasparente, ricoperto con una pellicola conduttiva 14' anch'essa trasparente, ad esempio di ITO (Indium Tin Oxide); in alternativa, la lastra protettiva 14 è di vetro conduttivo. Un circuito idraulico 15 è definito all'interno della struttura di contenimento 13 e del primo corpo 10. Più in dettaglio, un canale di pretrattamento 17, delimitato lateralmente dalla struttura di contenimento 13, superiormente dalla lastra protettiva 14 e inferiormente dalla prima base 11, si dirama dal serbatoio campione 8 e si estende in modo sostanzialmente rettilineo in direzione opposta alla micropompa 3. Canali reagenti 18 di lunghezza prefissata collegano ciascuno un rispettivo serbatoio reagenti 9 al canale di pretrattamento 17; inoltre, allo sbocco dei canali reagenti 18 sono definite rispettive camere di mescolamento 20. Un'estremità 17a del canale di pretrattamento 17, opposta al serbatoio campione 8, è collegata con un canale di amplificazione 21 sepolto nel primo corpo 10. In particolare, il canale di amplificazione 21 si

CERBARO Elena  
Iscrizione Albo nr 426/BMI

estende nel primo corpo 10 al di sotto del canale di pretrattamento 17 e sbocca in una camera di rilevamento 24 ricavata nella struttura di contenimento 13 al di sopra della seconda base 12. Un canale di aspirazione 26, anch'esso sepolto nel primo corpo 10 e avente imbocco nella camera di rilevamento 24, si estende al di sotto della micropompa 3, alla quale è collegato mediante camini 23, come spiegato in dettaglio più avanti. In pratica, il canale di pretrattamento 17, il canale di amplificazione 21, la camera di rilevamento 24 e il canale di aspirazione 26 formano un unico condotto attraverso il quale viene fatto fluire un campione di materiale biologico da analizzare.

Lungo il canale di pretrattamento 17 e il canale di amplificazione 21 sono realizzate stazioni di elaborazione e analisi del fluido, in prossimità delle quali sono disposti sensori di presenza fluido 22 per controllare l'avanzamento del campione da analizzare. In dettaglio, due celle di dielettroforesi 25 sono collocate nel canale di pretrattamento 17 immediatamente a valle del serbatoio campione 8 e, rispettivamente, fra le camere di mescolamento 20. Le celle di dielettroforesi 25 comprendono rispettive griglie di elettrodi 27, depositi al di sopra della prima base 11 e formanti gabbie elettrostatiche con porzioni della lastra protetti-

CERBANO Elenco  
Inventore: F. B. nr 426/BM



va 14 rispettivamente affacciate. Le griglie di elettrodi 27 sono elettricamente connesse a un dispositivo di controllo, di tipo noto e non mostrato, mediante linee di connessione, anch'esse non mostrate, e permettono di realizzare campi elettrici di intensità e direzione controllabili all'interno delle celle di dielettroforesi 25.

Un riscaldatore 28 è deposto sul primo corpo 10 al di sopra del canale di amplificazione 21 e annegato nella prima base 11 di ossido di silicio e permette di riscaldare il canale di amplificazione 21 per eseguire processi termici di PCR (si veda anche la figura 4).

A valle del canale di amplificazione 21 è situata la camera di rilevamento 24, che, come accennato in precedenza, è ricavata nella struttura di contenimento 13 ed è delimitata inferiormente dalla seconda base 12 e superiormente dalla lastra protettiva 14. Sulla seconda base 12 è realizzata una matrice di detettori 30, qui del tipo a mensola ("cantilever"), leggibili elettronicamente. Inoltre, un sensore CMOS 31, associato ai detettori 30 e illustrato solo schematicamente in figura 3 è realizzato nel primo corpo 10 al di sotto della camera di rilevamento 24. In pratica, quindi, il sensore CMOS 31 è collegato direttamente ai detettori 30 senza interposizione di linee di connessione di lun-

CEDARO Elyo  
Istruzione N. 126/BM

ghezza significativa.

Il canale di aspirazione 26 si dirama dalla camera di rilevamento 24 e si estende al di sotto della micropompa 3, alla quale è collegato mediante i camini 23.

La micropompa 3, che per comodità è illustrata in figura 3 in modo semplificato, è mostrata in dettaglio in figura 5. La micropompa 3 comprende un secondo corpo 33 di materiale semiconduttore, ad esempio di silicio, in cui sono realizzate una pluralità di camere a tenuta 32. Più in dettaglio, le camere a tenuta 32 sono di forma prismatica, si estendono parallele fra loro e a una faccia 33a del secondo corpo 33 e hanno dimensioni prefissate, come chiarito più avanti. Inoltre, le camere a tenuta 32 sono sigillate mediante un diaframma 35 di ossido di silicio che chiude rispettivi imbocchi 36 delle camere a tenuta 32 stesse, in modo da mantenere un valore di pressione prefissato e sensibilmente inferiore alla pressione atmosferica (ad esempio, 100 mTorr). Preferibilmente, il diaframma 35 ha spessore non superiore a 1  $\mu\text{m}$ .

Come mostrato nelle figure 3 e 5, gli imbocchi 36 delle camere a tenuta 32 sono situati in corrispondenza di rispettivi camini 23, in modo da essere posti in collegamento fluidico con il canale di aspirazione 26, una volta che sia stato rotto il diaframma 35. Inoltre,

CERVARO Elettro  
Isotopiche Alfa n° 426/BM

dato che la micropompa 3 è incollata ermeticamente al microreattore 2, le camere a tenuta 32 possono essere poste in collegamento con l'esterno soltanto attraverso il condotto formato dai canali di aspirazione 26, di amplificazione 21, di pretrattamento 17 e dai canali reagenti 18.

La micropompa 3 è poi provvista di elettrodi per l'apertura delle camere a tenuta 32. In particolare, un primo elettrodo di attivazione 37 è annegato nel diaframma 35 e si estende trasversalmente alle camere a tenuta 32, in prossimità degli imbocchi 36 (si veda anche la figura 6); più in dettaglio, il primo elettrodo di attivazione 37 è forato in corrispondenza degli imbocchi 36, in modo da non ostruirli. Secondi elettrodi di attivazione 38 sono disposti su una faccia del diaframma 35 opposta rispetto al primo elettrodo di attivazione 37 e si estendono sostanzialmente paralleli alle camere a tenuta 32. Inoltre, ciascuno dei secondi elettrodi 38 si sovrappone al primo elettrodo 37 in corrispondenza dell'imbocco 36 di una rispettiva camera a tenuta 32, formando così una pluralità di condensatori 40 aventi rispettive porzioni del diaframma 35 come dielettrico.

In figura 7 è illustrato uno schema elettrico semplificato relativo alla micropompa 3 e a un circuito di

CERARO Elettro  
Iniziativa Alto n° 426/BW

controllo 41. In pratica, il primo elettrodo di attivazione 37 è collegabile, attraverso un interruttore 42, a un primo generatore di tensione 43, fornente una prima tensione  $V_1$ ; mediante un selettore 44, i secondi elettrodi di attivazione 38 sono selettivamente collegabili a un secondo generatore di tensione 45, fornente una seconda tensione  $V_2$ , preferibilmente di segno opposto alla prima tensione  $V_1$ . In questo modo, è possibile selezionare di volta in volta uno dei condensatori 40 e applicare ai suoi terminali una tensione pari a  $V_1-V_2$  e superiore a una tensione di rottura del diaframma 35 che funge da dielettrico. Di conseguenza, la corrispondente camera a tenuta 32 viene selettivamente aperta e posta in collegamento fluidico con il canale di aspirazione 26.

All'inizio del processo di analisi del DNA, un campione (fluido) di materiale biologico grezzo viene introdotto all'interno del serbatoio campione 8, mentre i serbatoi reagenti 9 vengono riempiti con rispettive specie chimiche necessarie per la preparazione del campione, ad esempio per successive fasi di lisi dei nuclei. In questa situazione, viene impedito l'afflusso dell'aria dall'ambiente esterno verso l'interno del canale di pretrattamento 17, dei canali reagenti 18 e del canale di amplificazione 21.

CERTIFICATO  
Iscritto alla  
Albo n° 426/BM



Quindi, viene azionata la micropompa 3, rompendo la porzione del diaframma 35 che sigilla una delle camere a tenuta 32. In pratica, aprendo la cella a vuoto 32 viene creata una depressione e quindi, dopo che è stata aspirata l'aria presente, il campione e i reagenti preventivamente introdotti nei serbatoi 8, 9 vengono aspirati lungo il condotto formato dal canale di pretrattamento 17, dai canali reagenti 18, dal canale di amplificazione 21, dalla camera di rilevamento 24 e dal canale di aspirazione 26. La massa di fluido movimentata e la distanza percorsa dipendono dal valore di pressione presente nella camera a tenuta 32 prima dell'apertura e dalle dimensioni della camera a tenuta 32 stessa. In pratica, la prima cella a vuoto 32 che viene aperta è dimensionata in modo che il campione avanzi fino alla cella di dielettroforesi 25 posta all'imbocco del canale di pretrattamento 17 e i reagenti avanzino di prefissate distanze lungo i rispettivi canali reagenti.

Dopo l'effettuazione di un primo trattamento dielettroforetico, vengono aperte in successione e a istanti prefissati le altre camere a tenuta 32 della pompa 3, in modo da far avanzare il campione dapprima lungo il canale di pretrattamento 17 e poi lungo il canale di amplificazione 21, fino alla camera di rileva-

INB/777 in 04/01/2001  
Dopo 04/01/2001  
CENTRO SIDA



mento 24; in pratica, quindi, la micropompa 3 viene utilizzata come pompa aspirante azionabile a passi discreti. Il campione, il cui avanzamento è controllato anche mediante i sensori di presenza 22, viene preparato nel canale di pretrattamento 17 (separazione del materiale di scarto nelle celle di dielettroforesi 25 e lisi dei nuclei nelle camere di mescolamento 20) e nel canale di amplificazione 21, dove viene eseguito un trattamento PCR; quindi, nella camera di rilevamento 24 avviene l'ibridizzazione dei detettori 30, che vengono poi letti mediante il sensore CMOS 31.

Secondo una variante dell'invenzione, a cui si riferiscono le figure 8 e 9, una micropompa 3' comprende camere a tenuta 32' disposte su righe e colonne in modo da formare una matrice. In questo caso, la micropompa 3' comprende tanti primi elettrodi di attivazione 37' quante sono le righe della matrice e tanti secondi elettrodi di attivazione 38' quante sono le colonne della matrice; condensatori 40', aventi come dielettrico rispettive porzioni di un diaframma 40' sigillante le camere a tenuta 32' sono formati agli incroci fra i primi e i secondi elettrodi di attivazione 37', 38'. Inoltre, un circuito di controllo 41', che è integrato sulla micropompa 3' comprende un selettore di riga 42', per connettere selettivamente uno dei primi elettrodi

CERBARO Class  
Iscrizione Albo n. 426/RM

37' a un primo generatore di tensione 43', e un selettore di colonna 43', per connettere selettivamente uno dei secondi elettrodi 38' a un secondo generatore di tensione 45'.

Secondo un'ulteriore variante, illustrata nelle figure 10 e 11, una micropompa 3" comprende un corpo 33" in cui sono ricavate camere a tenuta 32". In questo caso, ciascuna camera a tenuta 32" ha un imbocco 36" sigillato direttamente da un rispettivo elettrodo 37" di alluminio. In pratica, quindi gli elettrodi 32" formano diaframmi conduttivi che chiudono le rispettive camere a tenuta 32"; inoltre, in prossimità delle camere a tenuta 32", gli elettrodi 37" si restringono e presentano punti preferenziali di fusione. Di conseguenza, quando un generatore di corrente 43", collegabile selettivamente a uno degli elettrodi 37" attraverso un selettore 42" (figura 12), inietta una corrente I prefissata e superiore a una soglia di fusione, i punti preferenziali di fusione degli elettrodi 37" cedono per primi, aprendo le corrispondenti camere a tenuta 32" (in figura 12, gli elettrodi 37" sono rappresentati mediante i simboli di resistori).

La micropompa secondo l'invenzione presenta numerosi vantaggi.

In primo luogo, la micropompa può essere facilmen-

CERRARO Elena  
Iscrizione Albo n° 426/BAI

te accoppiata a tenuta a un circuito idraulico, come nel caso del condotto realizzato nel microreattore descritto. Inoltre, non occorre utilizzare valvole, in quanto la micropompa è da sola in grado di muovere il fluido nel circuito idraulico facendolo avanzare in un unico verso. In questo modo, vengono eliminate tutte le perdite di fluido campione che affliggono le micropompe tradizionali e che sono normalmente dovute a tenute imperfette e/o ad evaporazione. In particolare, nel caso delle apparecchiature per analisi del DNA sono così sufficienti minime quantità di materiale biologico grezzo, dell'ordine dei microlitri o, addirittura, dei nanolitri. Chiaramente, dall'impiego di quantità di fluido campione inferiori deriva anche una vantaggiosa riduzione sia dei costi sia della durata del trattamento (ciclate termiche più brevi). Ulteriori vantaggi sono l'assenza di contatto diretto fra la micropompa e il fluido, che evita il rischio di reazioni chimiche non previste, l'assenza di parti in movimento e il basso consumo energetico.

La micropompa può anche essere realizzata in modo semplice e poco costoso, ad esempio mediante il procedimento illustrato di seguito, con riferimento alle figure 13-20.

Su una fetta semiconduttrice 60, avente un sub-

CERCAIO 2-4-80  
Iscrizione: 200 a 400/80M



strato 61, viene inizialmente formata una maschera hard 62, comprendente uno strato di ossido di silicio 63 e uno strato di nitruro di silicio 64. La maschera hard 62 presenta gruppi di fessure 65 sostanzialmente rettilinee e fra loro parallele. Il substrato 61 viene quindi attaccato, mediante attacco in TMAH (tetrametilammonioidrossido), e vengono scavate le camere a tenuta 32, attraverso rispettivi gruppi di fessure 65.

Successivamente (figura 14), viene deposto uno strato di polisilicio 68, ricoprente la superficie della maschera hard 62 e pareti 32a delle camere a tenuta 32; inoltre, lo strato di polisilicio 68 ingloba porzioni 62a delle maschera hard 62, rimaste sospese dopo la formazione delle camere a tenuta 32. Lo strato di polisilicio 68 viene poi ossidato termicamente (figura 15), in modo da formare uno strato di ossido di silicio 70, che cresce anche verso l'esterno e chiude le fessure 65.

Dopo la deposizione di uno strato di germe 71 di polisilicio (figura 16), uno strato epitassiale 72 viene cresciuto e ossidato termicamente in superficie, in modo da formare uno strato isolante 74 (figura 17). Sopra allo strato isolante 74 viene poi deposta una striscia di alluminio formante il primo elettrodo di attivazione 37.

CERASAR S.p.A.  
Iscrizione Albo n° 426/BM

In seguito, viene effettuato un attacco STS. Come mostrato in figura 18, in questa fase vengono forati il primo elettrodo di attivazione 37, lo strato isolante 74, lo strato epitassiale 72 e la maschera hard 62 e vengono definiti gli imbocchi 36 delle camere a tenuta 32, che perciò vengono nuovamente aperte.

Mediante deposizione di ossido di silicio in condizione di pressione controllata e inferiore alla pressione atmosferica (ad esempio 100 mTorr), viene quindi formato il diaframma 35, che ingloba il primo elettrodo di attivazione 37 e sigilla le camere a tenuta 32 (figura 19). Di conseguenza, all'interno delle camere a tenuta 32 viene mantenuta la pressione imposta durante la deposizione del diaframma 35.

Quindi, mediante una nuova deposizione di alluminio, vengono formati i secondi elettrodi di attivazione 38 e viene poi realizzato uno strato protettivo 75 di resist, aperto al di sopra dei secondi elettrodi di attivazione 38 (figura 20).

Infine, la fetta semiconduttrice 60 viene tagliata in modo da ottenere una pluralità di "dice", ciascuno contenente una micropompa 3 che viene incollata a un rispettivo microreattore 2; si ottiene così la struttura mostrata nelle figure 3 e 5.

In alternativa, dopo la realizzazione dello strato

CERAMCO Elettro  
Isolazione tipo n° 426/BW

epitassiale e la formazione dello strato isolante, vengono deposti gli elettrodi 37", di cui vengono definiti i punti preferenziali di fusione. Si depone poi uno strato protettivo 75" di resist lasciando scoperti i punti preferenziali di rottura e si ottiene la micropompa 3" illustrata schematicamente in figura 10.

Risulta infine evidente che alla micropompa descritta possono essere apportate modifiche e varianti, senza uscire dall'ambito della presente invenzione.

In primo luogo, la micropompa potrebbe essere di tipo premente anziché aspirante; in questo caso, all'interno delle camere a tenuta è presente una pressione superiore alla pressione operativa dell'ambiente in cui la micropompa stessa è destinata a essere utilizzata.

Inoltre, la micropompa può comprendere un diverso numero di camere a tenuta, a seconda del numero di passi richiesti dal trattamento. Le camere a tenuta possono differire anche per forma, dimensioni e disposizione.

145/077  
CERAC  
Elettro  
isolazione  
125/041

## R I V E N D I C A Z I O N I

1. Micropompa, comprendente un corpo (33; 33") di materiale semiconduttore caratterizzata dal fatto di comprendere una pluralità di camere a tenuta (32; 32'; 32") selettivamente apribili, realizzate all'interno di detto corpo (33; 33") e aventi internamente una pressione prefissata.

2. Micropompa secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che dette camere a tenuta (32; 32'; 32") sono sigillate mediante almeno un diaframma (35; 35'; 37") apribile elettricamente.

3. Micropompa secondo la rivendicazione 2, caratterizzata dal fatto che detto diaframma (35; 35') è uno strato di materiale dielettrico.

4. Micropompa secondo la rivendicazione 3, caratterizzata dal fatto che detto diaframma (35; 35') è di ossido di silicio.

5. Micropompa secondo la rivendicazione 3 o 4, caratterizzata dal fatto che detto diaframma (35; 35') ha uno spessore non superiore a 1  $\mu$ m.

6. Micropompa secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzata dal fatto di comprendere un diaframma (37") conduttivo per ciascuna camera a tenuta (32").

7. Micropompa secondo la rivendicazione 6, caratterizzata dal fatto che ciascun detto diaframma (37")

CERBARO Elettro  
Iscrizione Albo nr 426/841



comprende un rispettivo elettrodo avente un punto preferenziale di fusione in prossimità di un imbocco (36") di una rispettiva camera a tenuta (32").

8. Micropompa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 2-6, caratterizzata dal fatto di comprendere mezzi elettrici di apertura (37, 38; 37', 38'; 43") di detto diaframma (35; 35'; 37").

9. Micropompa secondo la rivendicazione 8, caratterizzata dal fatto che detti mezzi elettrici di apertura (37, 38; 37', 38') comprendono almeno un primo elettrodo (37; 37') e, per ciascuna camera a tenuta (32; 32'; 32"), un rispettivo secondo elettrodo (38; 38'); in prossimità di un imbocco (36) di ciascuna detta camera a tenuta (32; 32'; 32"), rispettive porzioni di detto diaframma (35; 35') essendo interposte fra detto primo elettrodo (37; 37') e un rispettivo di detti secondi elettrodi (38; 38').

10. Micropompa secondo la rivendicazione 9, caratterizzata dal fatto di comprendere un primo generatore di tensione (43; 43'), collegabile a detto primo elettrodo (37; 37') di detta micropompa (3; 3') e fornente una prima tensione ( $V_1$ ), e un secondo generatore di tensione (45; 45'), selettivamente collegabile a uno di detti secondi elettrodi (38; 38') di detta micropompa (3; 3') e fornente una seconda tensione ( $V_2$ ).

CERBARO Elena  
Iscrizione Albo nr 426/BAI



11. Micropompa secondo le rivendicazioni 7 e 8, caratterizzata dal fatto che detti mezzi elettrici di apertura (43") comprendono un generatore di corrente (43"), collegabile selettivamente a uno di detti elettrodi e fornente una corrente (I) tale da fondere detti elettrodi (37").

12. Procedimento per la fabbricazione di una micropompa a vuoto, comprendente le fasi di:

- formare cavità (32) in un substrato (61) di una fetta (60) di materiale semiconduttore;

- sigillare dette cavità (32) in condizioni di pressione prefissata.

13. Procedimento secondo la rivendicazione 12, in cui detta fase di formare cavità (32) comprende le fasi di:

- realizzare, al di sopra di detto substrato (61), una maschera (62) presentante gruppi di aperture (65);

- attaccare detto substrato (61) attraverso detti gruppi di aperture (65);

- ricoprire porzioni esposte di detta maschera con un primo strato (68) di detto materiale semiconduttore

- ossidare termicamente detto primo strato (68), in modo da chiudere detti gruppi di aperture (65).

14. Procedimento secondo la rivendicazione 13, comprendente le fasi di:

CERBA TO Eletta  
Riscrittura n. 100 di 100/84

- crescere uno strato epitassiale (72) sopra a detta maschera (62);

- deporre almeno una linea conduttiva (37) al di sopra di detto strato epitassiale (72); e

- attaccare detta linea conduttiva (37) e detto strato epitassiale (72) fino a raggiungere dette cavità (32).

15. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 11-14, in cui detta fase di sigillare comprende deporre un secondo strato (32) di materiale dielettrico in condizioni di pressione controllata.

16. Procedimento secondo la rivendicazione 15, in cui detto secondo strato (32) è di ossido di silicio.

17. Procedimento secondo la rivendicazione 15 o 16, in cui detto secondo strato (32) ha spessore non superiore a 1  $\mu\text{m}$ .

18. Micropompa, sostanzialmente come descritta con riferimento alle figure annesse.

p.i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

*Albo*  
CERBARO ELENG  
Iscrizione Albo nr 420/BMI

*B*  
C.C.I.A.A.  
Torino

CERBARO ELENG  
Iscrizione Albo nr 420/BMI

10 2002 A000809

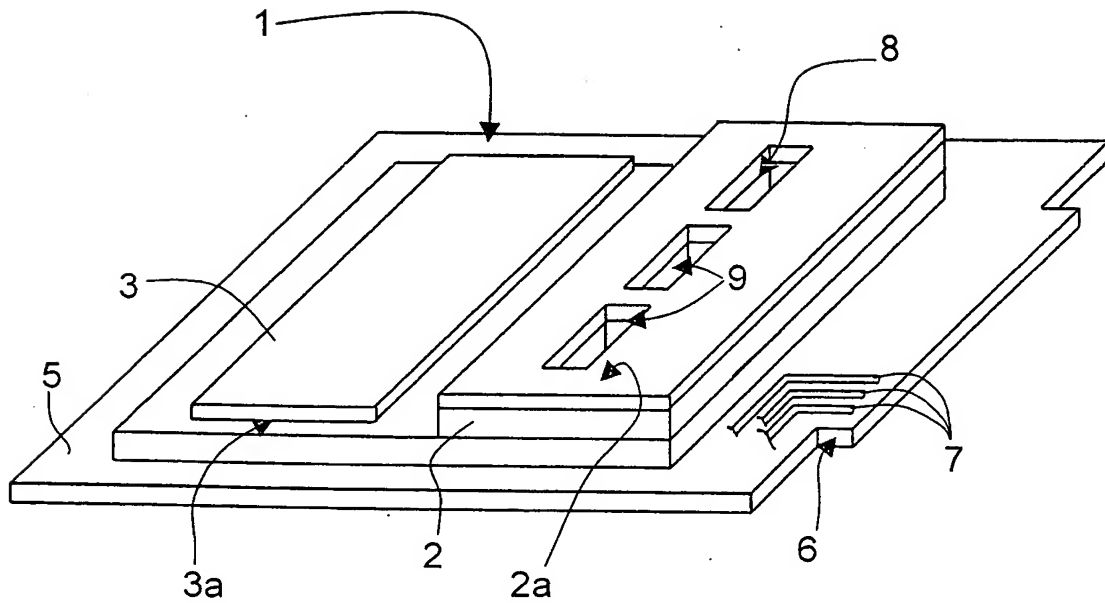


Fig.1

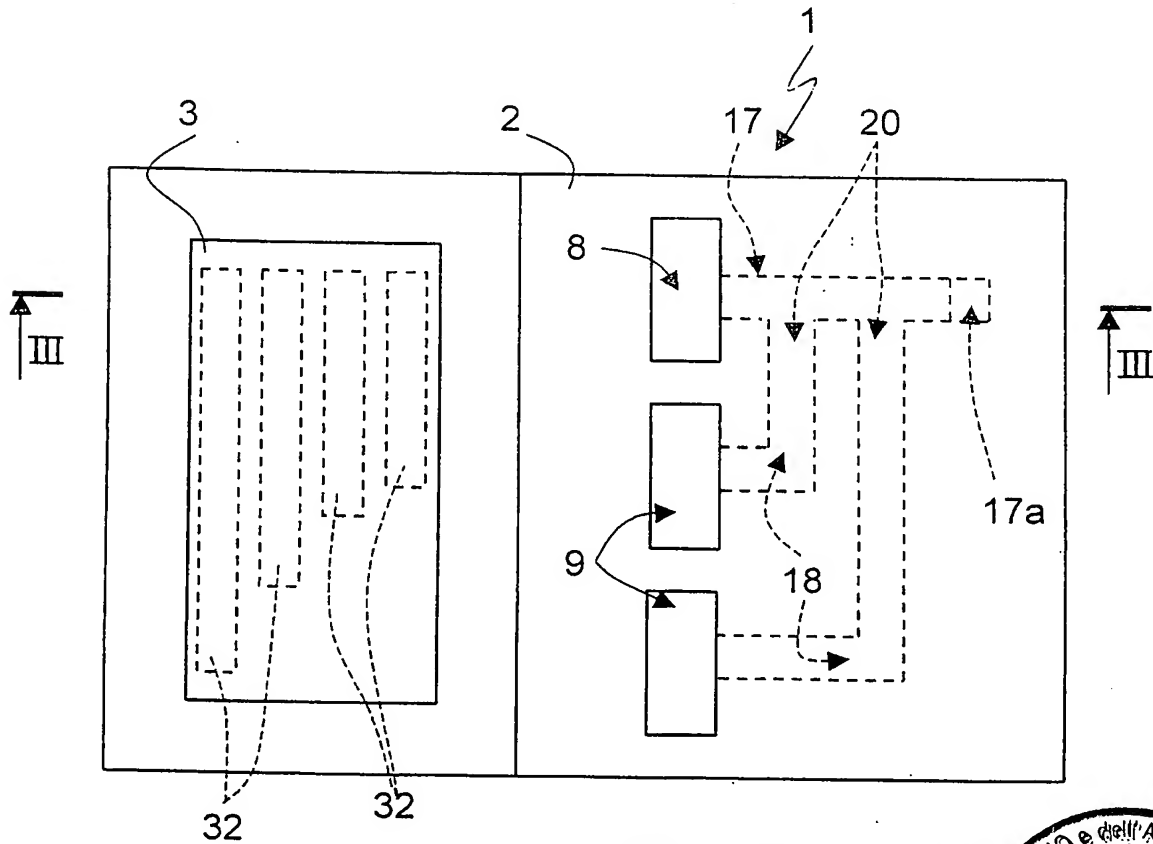
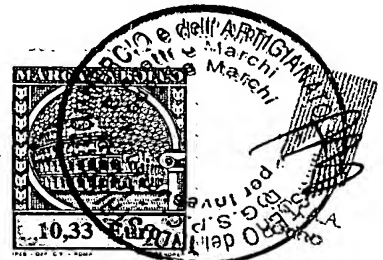


Fig.2



10 2002 A000809

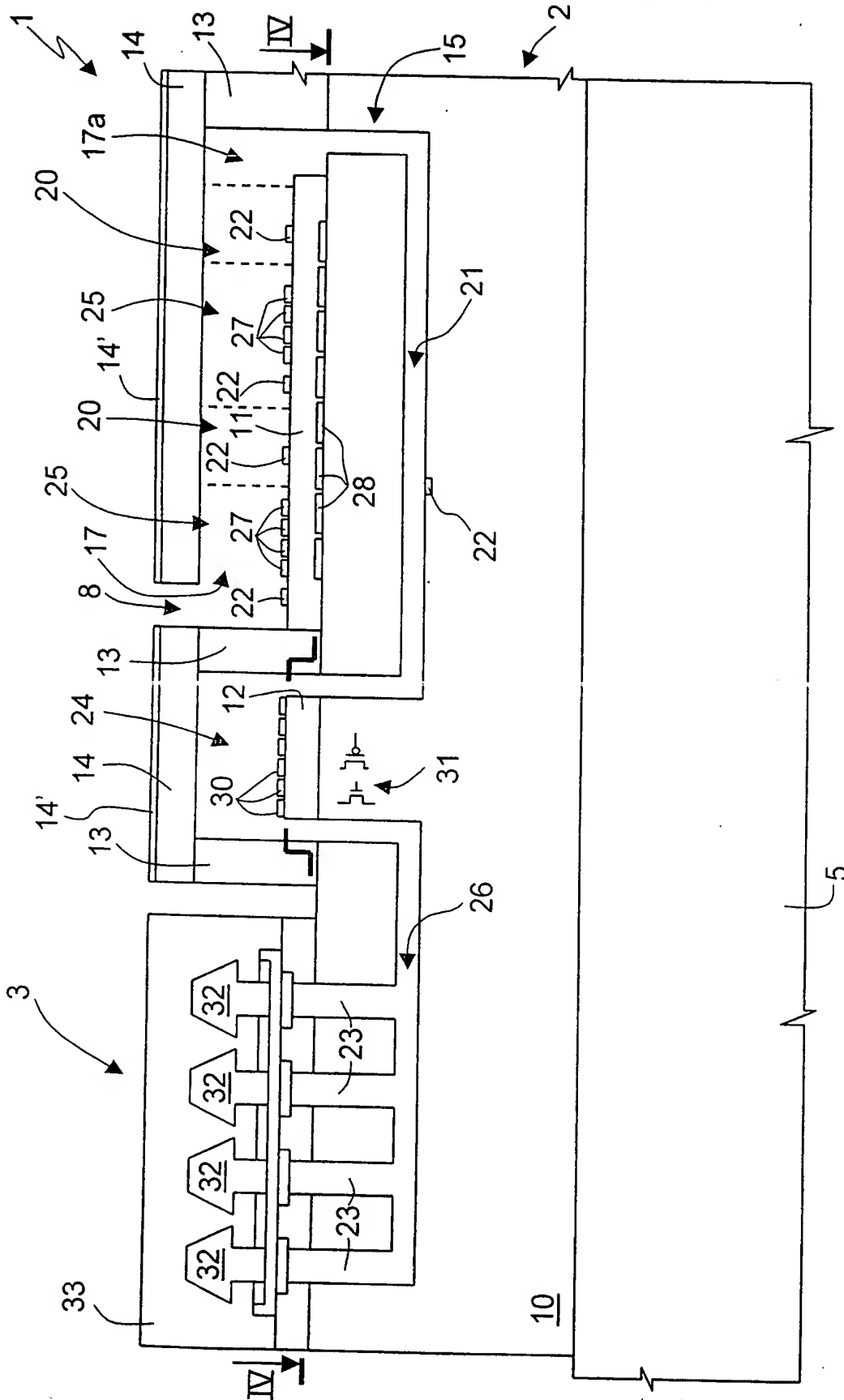


Fig.3

10 2002 A000809

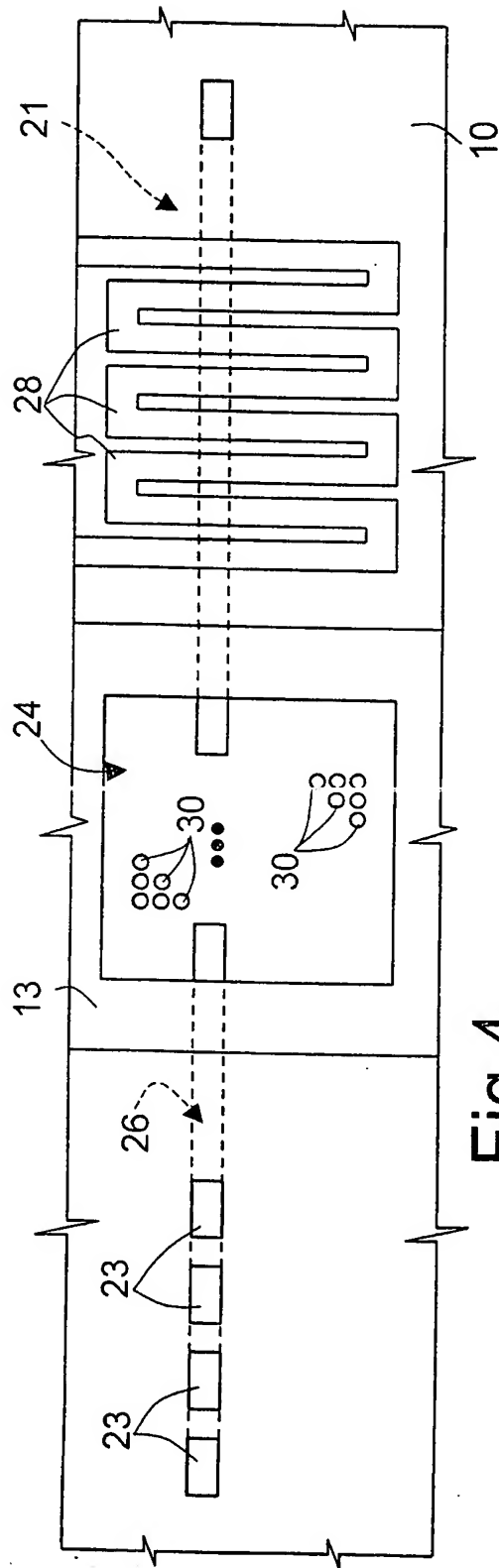


Fig. 4

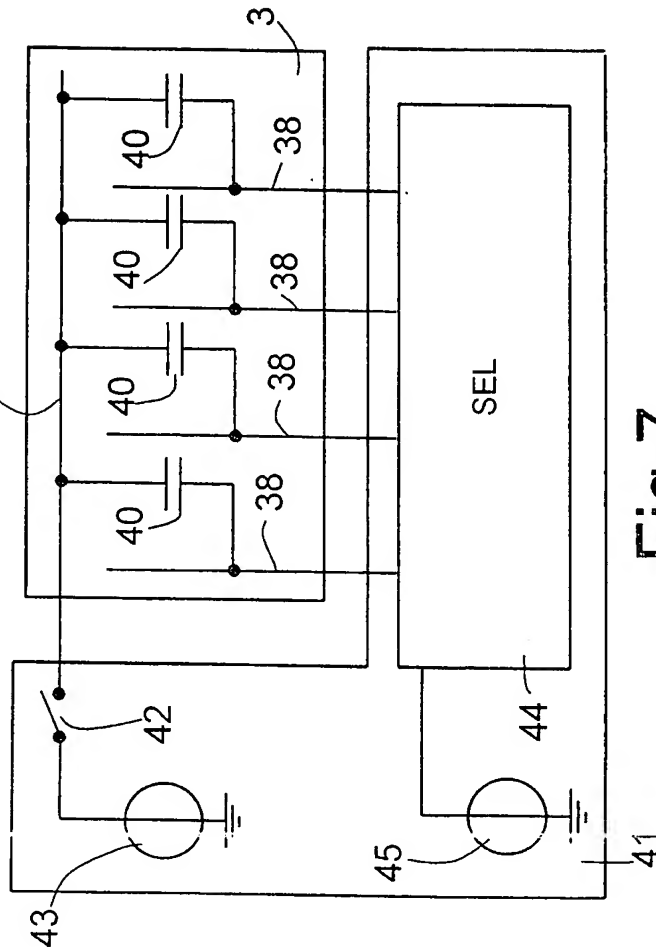


Fig. 7

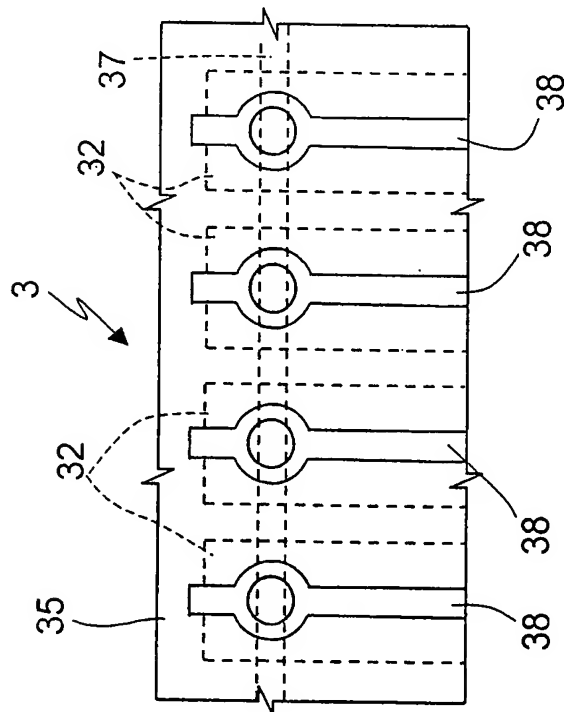


Fig. 6

2002 A000809

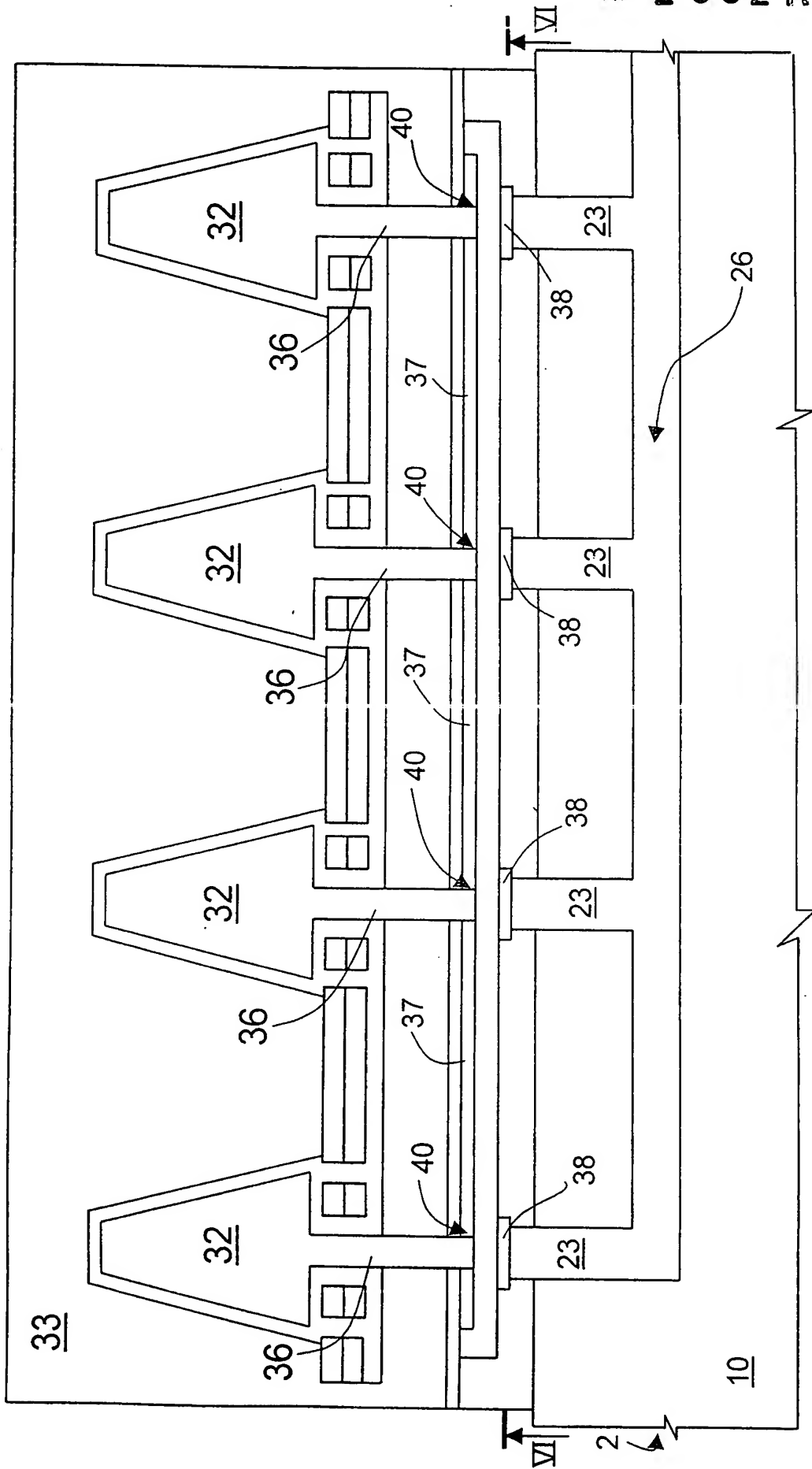


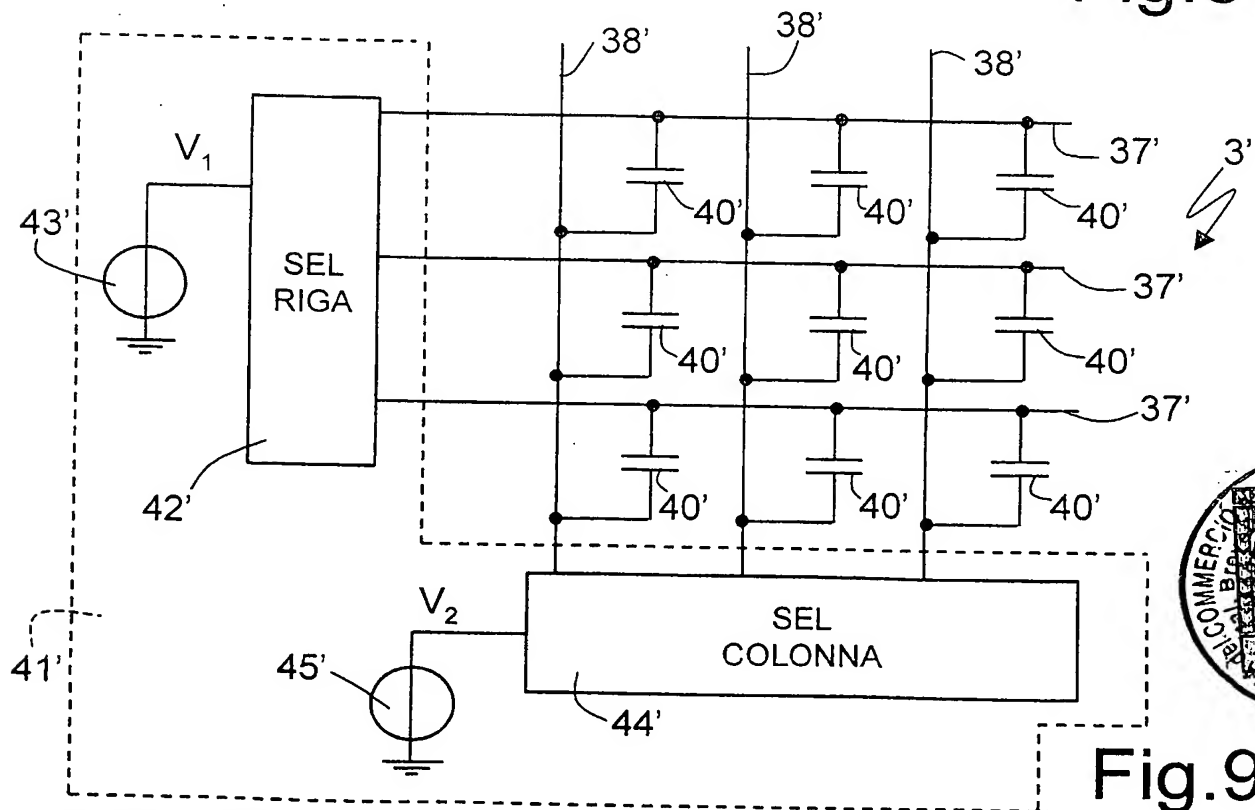
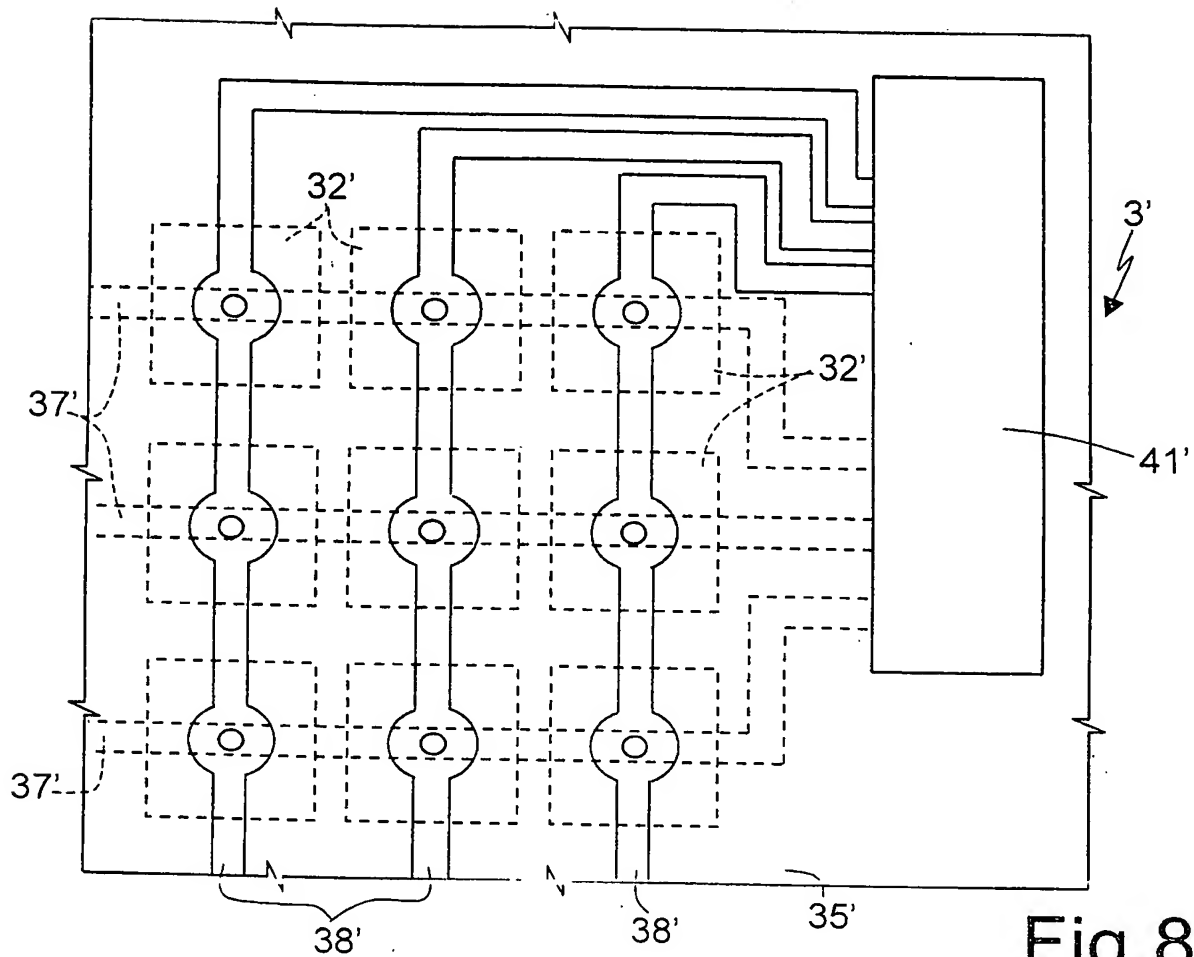
Fig.5

p.i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

CEDR 11/00 Elettro  
Iscrizione Albo n° 420/BNM

S.C.I.A.A.  
Torino

10 2002 A 000809



10 2002 A 000809

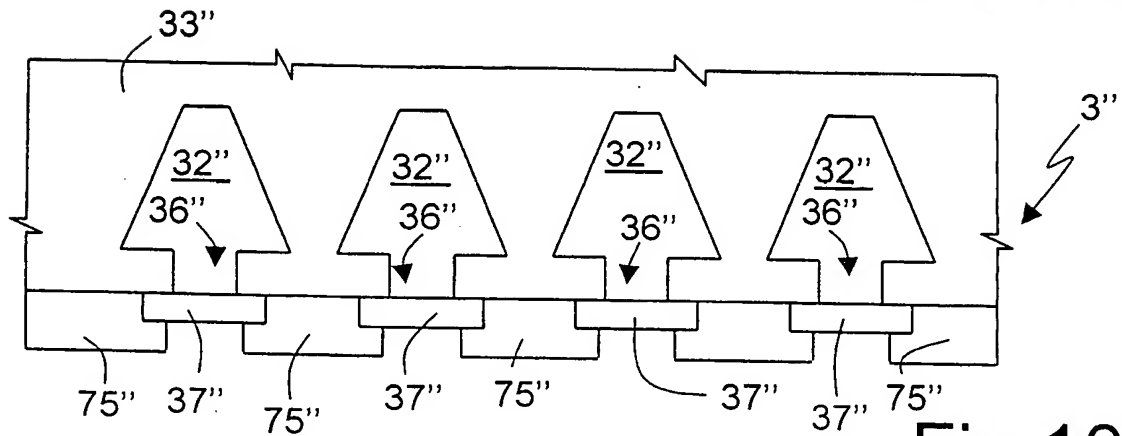


Fig.10

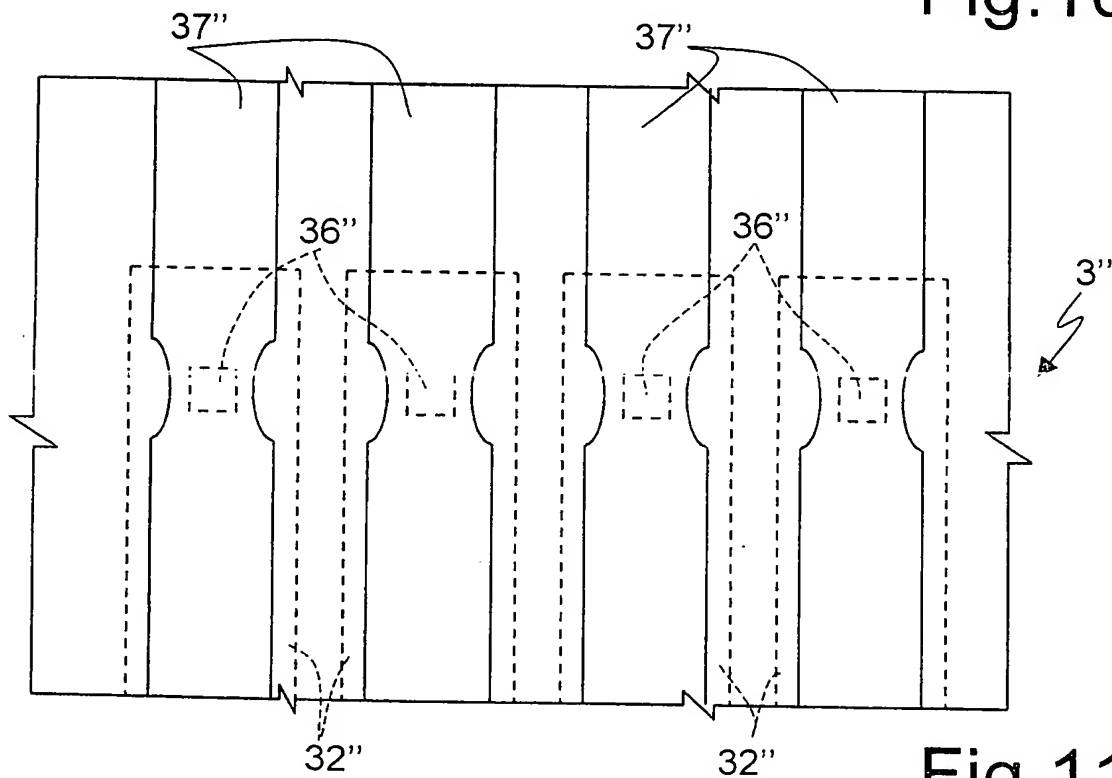


Fig.11

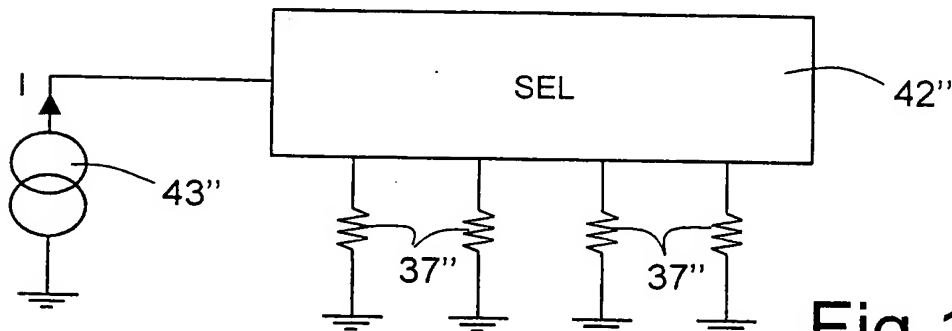


Fig.12



10 2002 A 000809

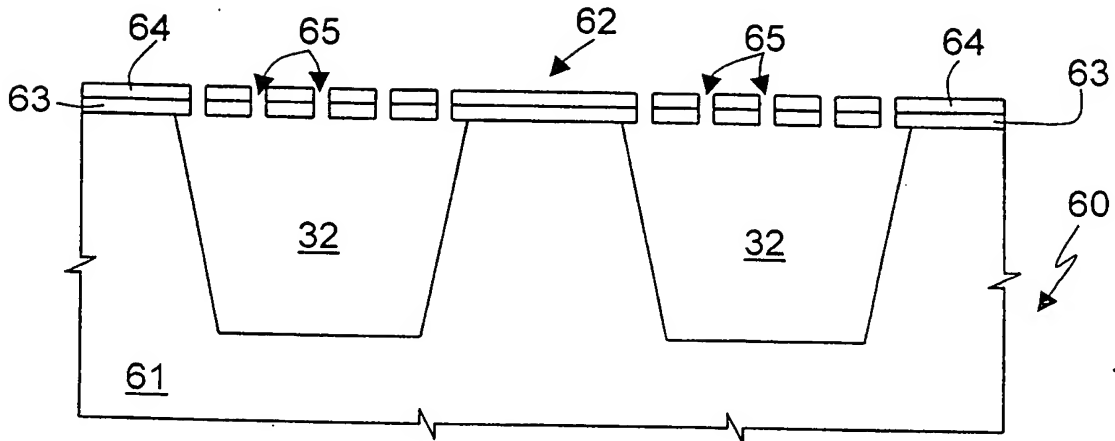


Fig.13

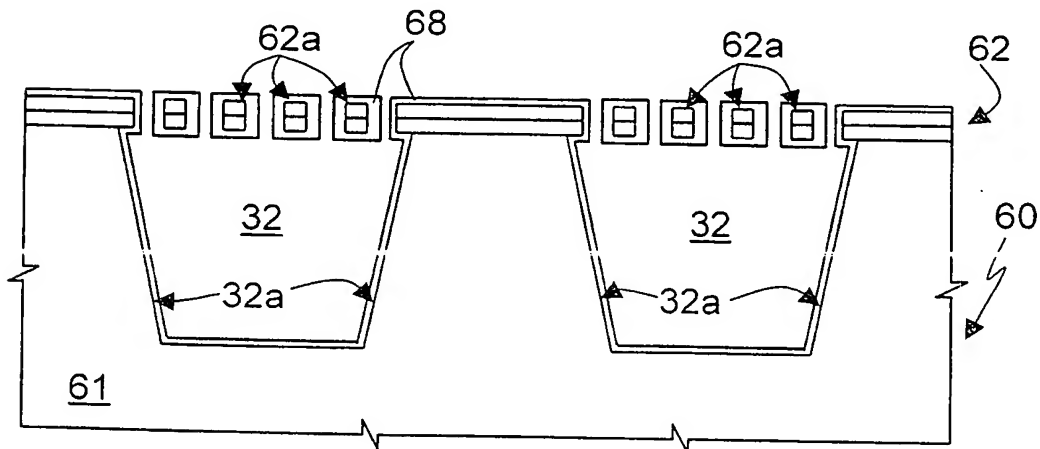


Fig.14

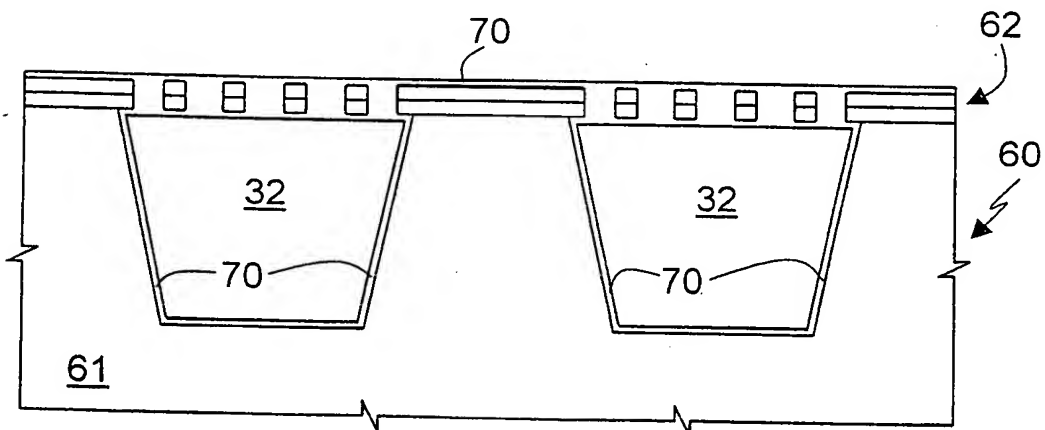


Fig.15

10 2002 A000809

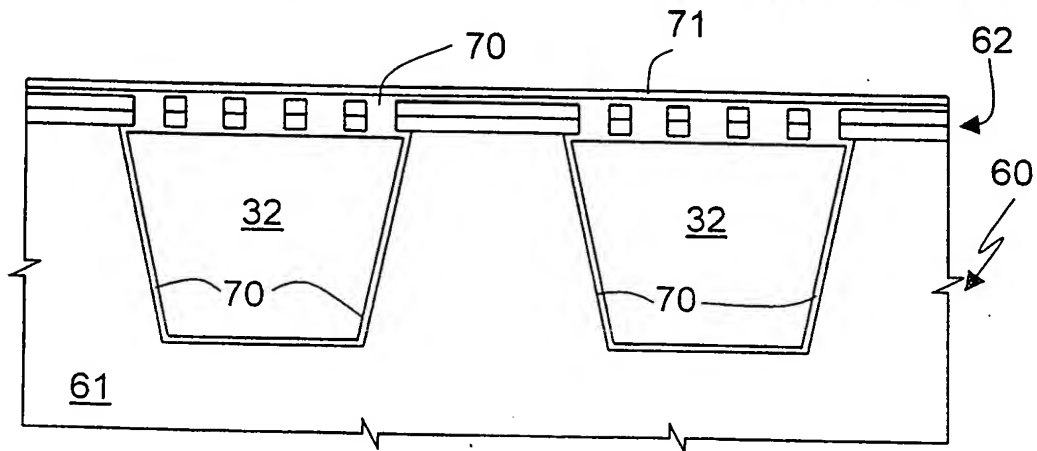


Fig.16

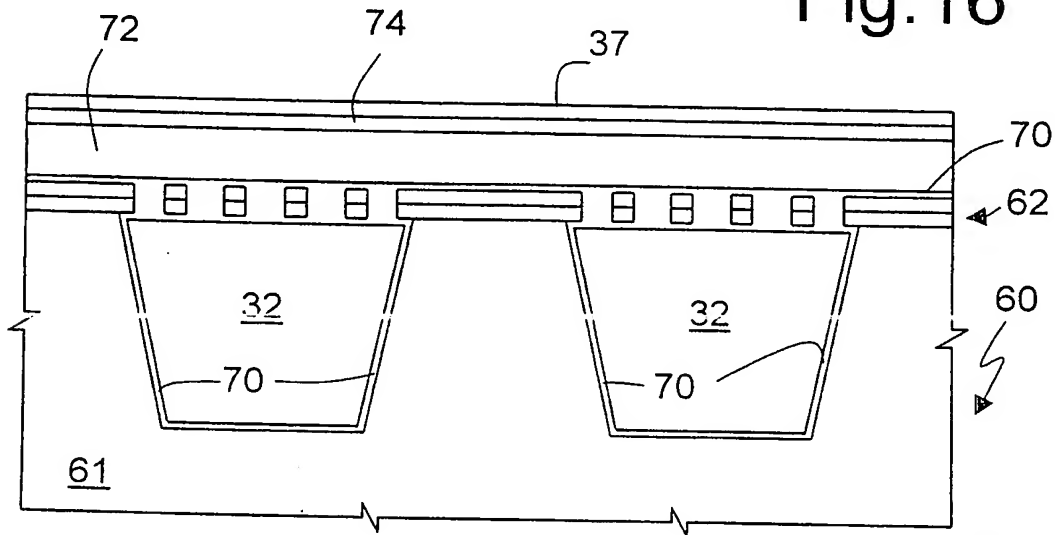


Fig.17

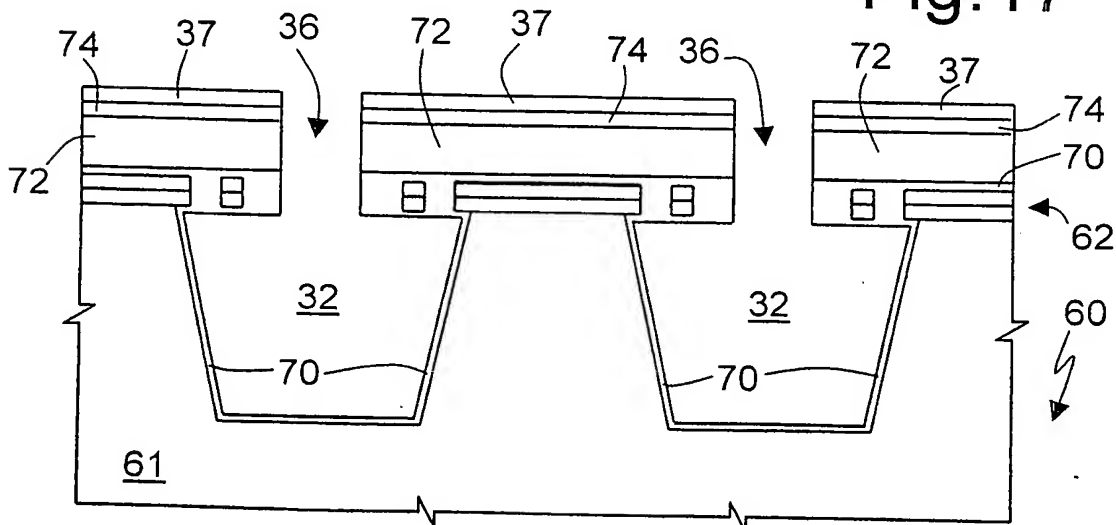


Fig.18

2002 A000809

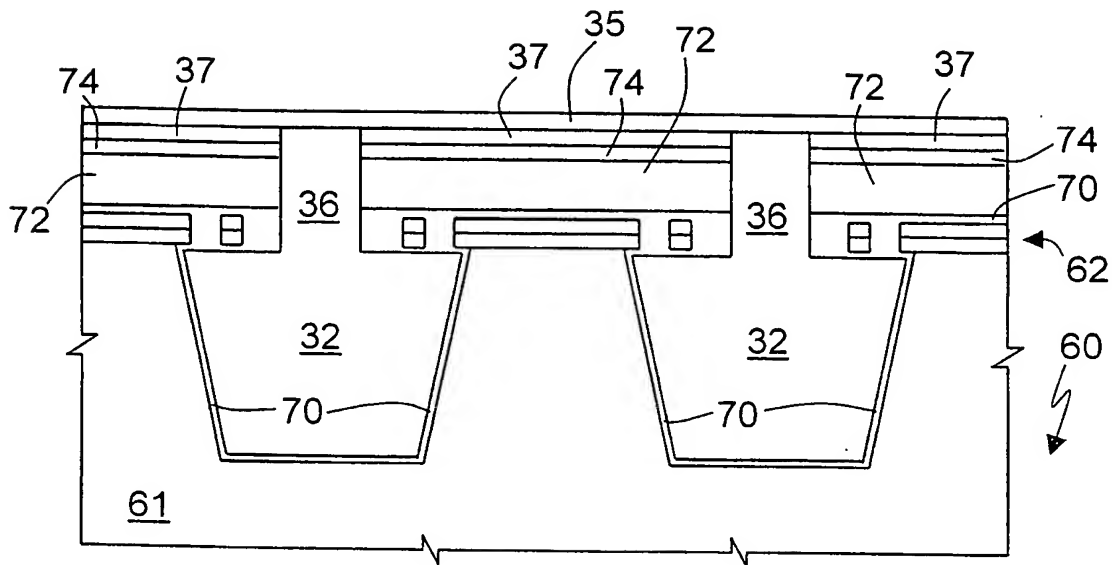


Fig.19

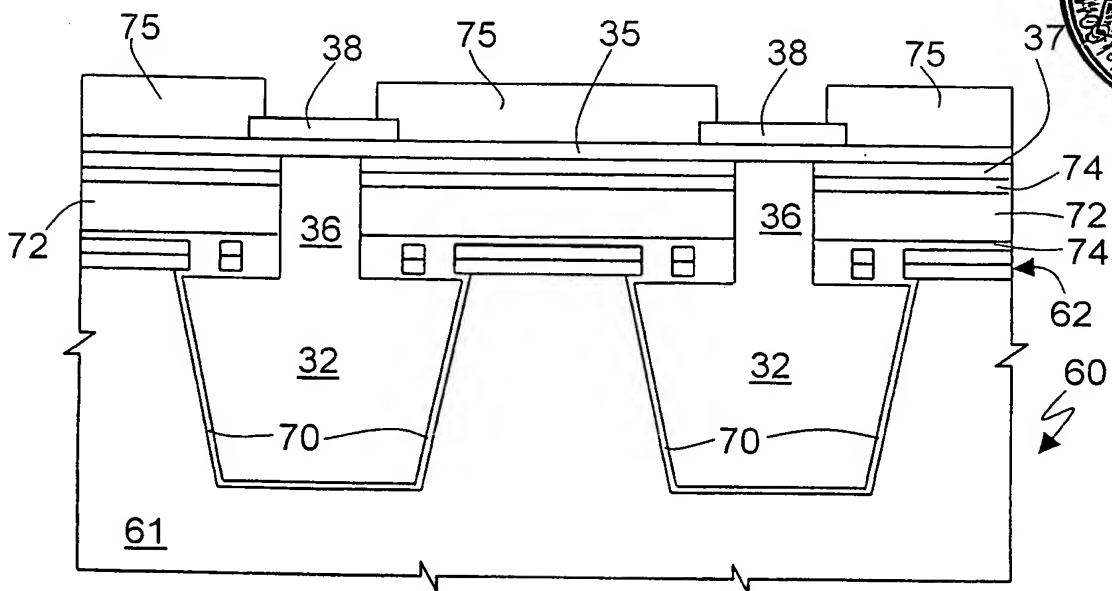


Fig.20

